



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**
①0 **DE 40 11 217 A 1**

⑤1 Int. Cl. 5:
H01 F 7/18
B 60 T 8/36
F 16 K 31/06
F 15 B 13/043

DA
DE 40 11 217 A 1

②1 Aktenzeichen: P 40 11 217.9
②2 Anmeldetag: 6. 4. 90
④3 Offenlegungstag: 10. 10. 91

⑦1 Anmelder:
Lucas Industries p.l.c., Birmingham, West Midlands,
GB

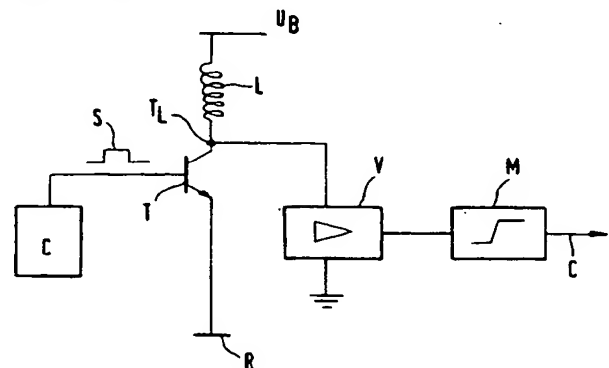
⑦4 Vertreter:
Wuesthoff, F., Dr.-Ing.; Frhr. von Pechmann, E.,
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Behrens, D., Dr.-Ing.; Goetz,
R., Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.; Hellfeld von, A.,
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Brandes, J., Dipl.-Chem.
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte; Würtenberger, G.,
Rechtsanw., 8000 München

⑦2 Erfinder:
Heinz, Günther; Schmitt, Hubert, 5405 Ochtendung,
DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zum Ansteuern eines Magnetventils einer Schlupf-Regelanlage

⑤7 Ein Verfahren zum Ansteuern eines Magnetventils einer Schlupf-Regelanlage eines Kraftfahrzeuges sieht vor, daß zur Ermittlung der Funktion des Magnetventils eine Spannung am spulenseitigen Ausgang (T_L) eines Transistors (T) abgegriffen wird, der den Stromfluß durch die Spule (L) des Magnetventils steuert. Nach dem Abschalten des Stromflusses durch die Spule wird der zeitliche Verlauf der abgegriffenen Spannung gemessen und mit einem Vergleichswert verglichen. In Abhängigkeit von dem Ergebnis des Vergleichs wird bei einem gepulsten Ansteuern des Magnetventils das Tastverhältnis eingestellt.



DE 40 11 217 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ansteuern eines Magnetventils einer Schlupf-Regelanlage eines Kraftfahrzeuges mittels einer Ansteuerschaltung, die einen Ausgangstransistor aufweist, mit dem der Stromfluß durch eine Spule des Magnetventils gesteuert wird.

Der Begriff "Schlupf-Regelanlage" umfaßt sogenannte ABS- und ASR- Anlagen, d. h. als solche bekannte Einrichtungen, mit denen einerseits beim Bremsen eines Kraftfahrzeuges das Blockieren der Räder und andererseits auch ein Durchdrehen der Räder (z. B. beim Anfahren auf glatter Fahrbahn) verhindert wird.

In beiden Fällen wird der Schlupf der Räder in bezug auf eine sogenannte Fahrzeug-Referenzgeschwindigkeit ermittelt und in Abhängigkeit von einem Überschreiten vorgegebener Schwellenwerte werden die Bremsen der Räder gesteuert. Bei einer ABS-Regelung wird bei Überschreiten eines vorgegebenen Schlupf-Schwellenwertes (ggf. unter Beachtung anderer Regelgrößen) bei betätigter Bremse ein Abbau oder eine Konstanzhaltung des Bremsdruckes (bei betätigter Bremse) eingeleitet, während mit den selben Meßinstrumenten bei einer ASR-Anlage ein Voreilen (positiver Schlupf) eines angetriebenen Rades gegenüber der Fahrzeug-Referenzgeschwindigkeit ermittelt wird, um bei Überschreiten eines Schwellenwertes eine Zwangsbremmung des durchdrehenden Rades einzuleiten.

Sowohl bei einer ABS- als auch bei einer ASR-Regelung erfolgt die Steuerung des Bremsdruckes mit Hilfe von Magnetventilen, die in den hydraulischen Bremsleitungen angeordnet sind. Im Stand der Technik ist weiterhin bekannt, solche Magnetventile gepulst anzusteuern, um eine feinere Dosierung der Druckänderung an der Bremse zu erreichen. Dabei wird die Spule des Magnetventils gepulst durch elektrischen Stromfluß erregt, so daß das Ventil periodisch öffnet und schließt. Hiermit läßt sich der Gradient der Druckänderung (Aufbau oder Abbau des Bremsdruckes) sehr präzise steuern, so daß der Verlauf des Bremsdruckes bei aufeinanderfolgenden Regelzyklen möglichst weitgehend an denjenigen Idealverlauf des Bremsdruckes angenähert wird, bei dem gemäß dem gerade durchgeführten Regelalgorithmus eine optimale Bremsung unter Erhalt der Seitenführungskraft erzielt wird.

Die hier in Rede stehenden Magnetventile sind digitale Stellelemente, d. h. sie kennen nur den Zustand "ein" oder "aus", je nachdem, ob Strom durch die Spule des Magnetventils fließt oder nicht.

Das tatsächliche Steuerverhalten eines Magnetventils ist jedoch sehr viel komplizierter als dieses einfache Bild erscheinen läßt. Das Ventil öffnet bzw. schließt nicht völlig zeitgleich mit den entsprechenden Steuersignalen. Vielmehr treten in Abhängigkeit vom Zustand des Ventils Verzögerungen der tatsächlichen mechanischen Bewegung des Ventils gegenüber der Änderung des Stromflusses durch die Spule auf. Dieses tatsächliche Öffnungs- und Schließverhalten des Magnetventils wird bei einer herkömmlichen Schlupf-Regelanlage nicht berücksichtigt, d. h. die elektrischen Steuergrößen am Magnetventil werden von der ABS- bzw. ASR-Regelanlage eingestellt, ohne daß das tatsächliche Öffnungs- bzw. Schließverhalten des Ventils Berücksichtigung findet. Dies hat beim Stand der Technik zur Folge, daß die Steuerung des Ventils den sogenannten "Schlechtesten Fall" annehmen muß, nämlich ein relativ "schlecht" funktionierendes Magnetventil, bei dem die zeitlichen Verzögerungen der mechanischen Öffnungs-

bzw. Schließbewegung des Ventils in Bezug auf die elektrischen Steuersignale (Stromfluß ein bzw. Stromfluß aus) relativ groß sind. Der sogenannte "schlechtesten Fall" für das Ventil ergibt sich aus einer verminderten Betriebsspannung und/oder extremen Umgebungstemperaturen und/oder einer ungünstigen Druckdifferenz zwischen Ein- und Ausgang des Ventils.

Hierdurch wird auch die Steuerung des Bremsdruckes relativ grob, d. h. die beim gepulsten Druckaufbau oder Druckabbau erreichten Druckstufen sind relativ groß, was dem Fahrer bei Betätigung der Bremse unangenehm auffallen kann, und auch die Anpassung des tatsächlichen Verlaufes des Bremsdruckes an den idealen Druckverlauf ist nicht optimal, so daß die Steuerung des Bremsdruckes verbesserungsfähig ist.

Im Stand der Technik sind Verfahren und Schaltungen bekannt, um das tatsächliche Öffnungs- und Schließverhalten eines Magnetventils in Abhängigkeit vom Stromfluß durch die Magnetspule zu ermitteln.

So beschreibt die DE 38 07 278 A1 ein Verfahren zum Überprüfen von Magnetventilen, bei dem eine Änderung des Erregerstromes der Magnetspule in Abhängigkeit von der Zeit erfaßt und unter logarithmischer Verstärkung aufgezeichnet wird. Aufeinanderfolgende Messungen dieses Signals werden in einem Computer gespeichert und miteinander verglichen. Der Vergleich der aufeinanderfolgenden Messungen erlaubt eine Bewertung des Funktionszustandes des betreffenden Magnetventils. Für die Messung ist ein Ferritring vorgesehen, der die Zuleitung zur Magnetspule umschließt und mit zwei gegenläufig gewickelten Spulen versehen ist. Diese Meßanordnung ist relativ aufwendig. Verfolgt wird dabei das Einschaltsignal des Erregerstromes der Magnetspule, um aus einem charakteristischen Verhalten des zeitlichen Verlaufs des Stromes (bei dem ein Peak dann auftritt, wenn die Nadel des Magnetventils sich zu bewegen beginnt) eine Aussage über den Zustand des Ventils zu gewinnen.

Die WO 88/02 491 A1 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erfassung der Ansprechspannung eines Magnetventils, bei dem bzw. der eine Prüfspannung an das Ventil angelegt wird und diejenige Prüfspannung ermittelt wird, bei der das Ventil anspricht.

Die DE 38 17 770 A1 beschreibt eine Einrichtung zur getakteten Ansteuerung eines elektromagnetischen Ventils, bei der die zwei Endlagen des beweglichen Ventilelementes dadurch erfaßt werden, daß jeweils ein Einbruch des Erregungsstromes der Ventilspule erfaßt wird. Ein solcher Einbruch des Erregungsstromes erfolgt dann, wenn sich die Magnetnadel bewegt und in der Spule eine Spannung induziert.

In der DE 37 30 523 A1 wird ein Verfahren zum Ermitteln der Schaltzeiten von Magnetventilen beschrieben, bei dem mittels einer externen Energiequelle eine Induktivitätsänderung zu den Schaltzeiten des Magnetventils auf einen feststellbaren Signalpegel angehoben wird. Dort ist in Fig. 2b eine Schaltungsanordnung gezeigt, bei der eine Spannung über der Magnetspule abgegriffen wird. Der Stromfluß durch die Magnetspule wird durch einen Transistor gesteuert. Diese Anordnung mit Abgriff einer Spannung über der Magnetspule ist bezüglich der Aussagekraft des Meßsignales verbesserungsfähig.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Ansteuern eines Magnetventils einer Schlupf-Regelanlage für Kraftfahrzeuge so auszubilden, daß mit geringem Aufwand die Funktion des Magnetventils meßbar und die Schlupf-Regelung mit hoher Ge-

naugigkeit steuerbar ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß zur Messung der Funktion des Magnetventils eine Spannung am spulenseitigen Ausgang des Transistors abgegriffen wird und daß nach dem Abschalten des Stromflusses durch die Spule der zeitliche Verlauf der abgegriffenen Spannung gemessen und mit einem Soll-Verlauf dieser Spannung verglichen wird und daß in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis bei einem gepulsten Ansteuern des Magnetventils das Tastverhältnis der Ansteuerung eingestellt wird.

Der Erfindung liegt also zunächst die Erkenntnis zugrunde, daß eine Spannungsmessung direkt am spulenseitigen Ausgang des Ausgangstransistors der Steuerung ein wesentlich besseres Signal liefert als eine Strommessung oder ein Abgreifen einer Spannung über der Spule. Weiterhin liegt der Erfindung die Erkenntnis zugrunde, daß eine Schlupf-Regelung bei einem Kraftfahrzeug dadurch verbessert werden kann, daß die tatsächliche Funktion des Ventils, also die jeweilige Verzögerung der tatsächlichen mechanischen Öffnung des Ventils in Abhängigkeit von einer Änderung des Erregerstromes in der Magnetspule, gemessen und berücksichtigt wird. Ist die Funktion des Ventils gut, also spricht es relativ schnell auf eine Änderung (ein/aus) des Erregerstromes an, so können bei einem gepulsten Ansteuern des Ventils wesentlich kürzere Pulsweiten vorgesehen werden, so daß sowohl der Bremskomfort (Vibrieren im Bremspedal) als auch die Genauigkeit der Schlupf-Regelung (genau gesteuerte Einstellung des Gradienten der Drucksteuerung) verbessert sind. Unter dem Tastverhältnis der Ansteuerung des Ventils ist das Verhältnis der Zeitspanne, in welcher ein Erregerstrom fließt, zur Zeitspanne, in der kein Erregerstrom fließt, zu verstehen.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert.

Es zeigt:

Fig. 1 das Öffnungs- und Schließverhalten eines Magnetventils über der Zeit;

Fig. 2 den zeitlichen Verlauf verschiedener für die Steuerung und Funktion des Ventils wichtiger Meßgrößen über einer gemeinsamen Zeitskala und

Fig. 3 eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zum Messen der Funktion eines Magnetventils.

In Fig. 1b) ist über der Zeit t der Verlauf des Erregerstromes eines Magnetventils aufgetragen, mit dem der Bremsdruck in einer Kraftfahrzeug-Bremsanlage gesteuert wird. Das Magnetventil ist Teil einer herkömmlichen ABS- und/oder ASR-Anlage. Zum Zeitpunkt t_c wird der Erregerstrom der Spule des Magnetventils eingeschaltet. Die Nadel des Magnetventils (nicht gezeigt) reagiert allerdings nicht sofort, sondern verzögert, nämlich erst zum Zeitpunkt t'_c . Dies ist Fig. 1a) zu entnehmen, wo die Änderung des Druckes in der Hydraulikleitung stromab des Ventils über der Zeit aufgetragen ist. Das Ventil öffnet also erst zum Zeitpunkt t'_c , also gegenüber dem Zeitpunkt t_c um die Zeitspanne t_{anv} verzögert.

Entsprechendes gilt beim Abschalten des Ventils, wenn zum Zeitpunkt t_a der Stromfluß durch die Spule des Ventils beendet wird. Hier schließt die Magnetspule nicht unmittelbar, sondern um die Zeitspanne t_{abv} verzögert, also zum Zeitpunkt t'_a .

Die Verzögerungszeitspannen t_{anv} und t_{abv} sind abhängig vom momentanen Funktionszustand des Ventils, d. h. seinem Alter, seinem Schmierzustand, möglichen Roststellen oder dergleichen.

Bei einer herkömmlichen ABS- oder ASR-Regelanlage muß bei der Steuerung des Ventils der "schlechteste Fall" angenommen werden, d. h. es müssen relativ große Verzögerungszeitspannen t_{anv} und t_{abv} bei der Ansteuerung des Ventils vorausgesetzt werden, damit überhaupt eine Öffnung des Ventils stattfinden kann. Auch ist der tatsächliche Öffnungsvorgang des Ventils bei einer herkömmlichen ABS- und ASR-Regelung unbekannt, d. h. bei der Regelung wird der tatsächliche Öffnungs- und Schließvorgang des Ventils nicht berücksichtigt.

Fig. 2a) zeigt über der Zeit t den Verlauf des Stromes I durch die Magnetspule. Der Ein- und Ausschaltvorgang bezüglich des Erregerstromes der Spule des Magnetventils ist in Fig. 2e) dargestellt. Fig. 2b) zeigt den Differentialquotienten dI/dt der Kurve gemäß Fig. 2a).

Nach dem Zeitpunkt t_c steigt der Strom I durch die Spule des Magnetventils gemäß Fig. 2a) an, um zum Zeitpunkt t_2 ein Maximum zu erreichen, wenn sich die Nadel des Magnetventils zu bewegen beginnt und aufgrund ihrer Bewegung einen Strom in der Spule induziert. Dieses Maximum ist durch Differenzierung in Fig. 2b) als Null-Durchgang zu erkennen. Zum Zeitpunkt t_2 öffnet das Magnetventil tatsächlich. Zum Zeitpunkt t_3 hört die Bewegung der Magnetnadel auf und der Strom I steigt bis zum Zeitpunkt t_4 bis zu einem Maximalwert an.

Zum Zeitpunkt t_a (Fig. 2e) wird der Erregerstrom durch die Magnetspule abgestellt. Fig. 2c) zeigt den Verlauf einer Spannung U , die mit einer Schaltung gemäß Fig. 3 gemessen wird. Die Schaltung gemäß Fig. 3 zeigt die Spule L des Magnetventils. Der Stromfluß durch die Spule L wird durch einen Transistor T gesteuert. Das Steuersignal S für den Transistor T stammt von einer Ansteuerschaltung C (sogenannter Controller). Wird der Transistor T angesteuert, also durchgeschaltet, so fließt Strom vom Betriebspotential U_B durch die Spule L zu einem Referenzpotential R , z. B. der sogenannten Masse. Am spulenseitigen Ausgang T_L des Ausgangstransistors T der Ansteuerschaltung C wird eine Spannung U gegenüber der Masse abgegriffen und in einen Verstärker V eingegeben.

Der zeitliche Verlauf der Spannung U ist in Fig. 2c) dargestellt. Dieser Spannungsverlauf weist ein Maximum zum Zeitpunkt t_7 auf. Zum Zeitpunkt t_7 schließt das Ventil wieder, so daß sich insgesamt eine Öffnungszeitspanne t_{offen} zwischen den Zeitpunkten t_2 und t_7 ergibt. Gemäß Fig. 2d) kann in der Meßschaltung M auch die Spannung U über der Zeit differenziert werden, um den Zeitpunkt t_7 als zweiten Null-Durchgang der ersten Ableitung des Spannungssignales zu erhalten.

Die so gewonnenen Offenzeitspannen t_{offen} des Magnetventils werden in die Steuerschaltung (Computer) C der Schlupf-Regelanlage eingegeben und dort berücksichtigt.

Hierzu wird z. B. während eines ersten Regelzyklus einer ABS-Regelung (oder entsprechend auch einer ASR-Regelung) eine bestimmte Zeitspanne t_c bis t_a vorgegeben, bei der gewährleistet ist, daß das Magnetventil auch dann öffnet, wenn es einen relativ schlechten Zustand aufweist. Wie beschrieben, ergeben sich dann die Zeitspannen t_{anv} , t_{abv} sowie t_{offen} . Bei einem in gutem Zustand befindlichen Magnetventil werden die Zeitspannen t_{anv} und t_{abv} relativ kurz sein. Hierzu werden im Computer der Regelanlage die aktuell gemessenen Zeitspannen t_{anv} , t_{abv} oder auch t_{offen} mit abgespeicherten Vergleichswerten, die z. B. einem neuwertigen Magnetventil entsprechen können, verglichen. Ergibt der Ver-

gleich, daß das Magnetventil relativ verzögerungsfrei anspricht, so können bei einem gepulsten Ansteuern des Ventils relativ kurze Pulszeiten eingestellt werden. Zeigen die gemessenen Zeitspannen jedoch an, daß das Ventil relativ träge reagiert, muß die Tastrate entsprechend groß eingestellt werden, d. h. die Pulslängen bei der Steuerung müssen relativ lang gewählt werden.

Patentanspruch

Verfahren zum Ansteuern eines Magnetventils einer Schlupf-Regelanlage eines Kraftfahrzeuges mittels einer Ansteuerschaltung, die einen Ausgangstransistor (T) aufweist, mit dem der Stromfluß durch eine Spule (L) des Magnetventils gesteuert wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Messung der Funktion des Magnetventils eine Spannung (U) am spulenseitigen Ausgang (T_L) des Transistors (T) abgegriffen wird und daß nach dem Abschalten des Stromflusses durch die Spule (L) der zeitliche Verlauf der abgegriffenen Spannung (U) gemessen und mit einem Soll-Verlauf dieser Spannung verglichen wird und daß in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis bei einem gepulsten Ansteuern des Magnetventils das Tastverhältnis der Ansteuerung eingestellt wird.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

FIG. 1

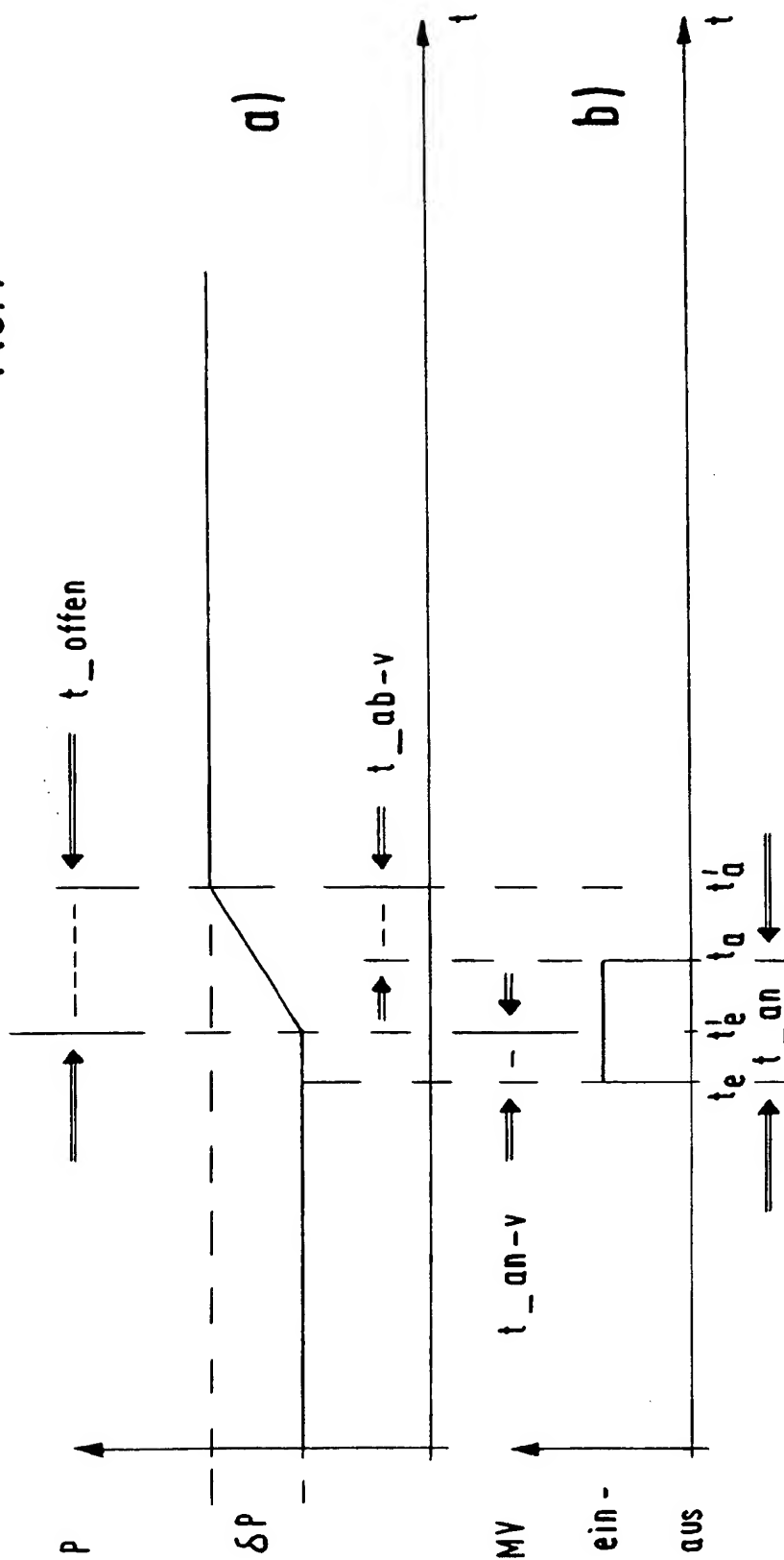


FIG. 2

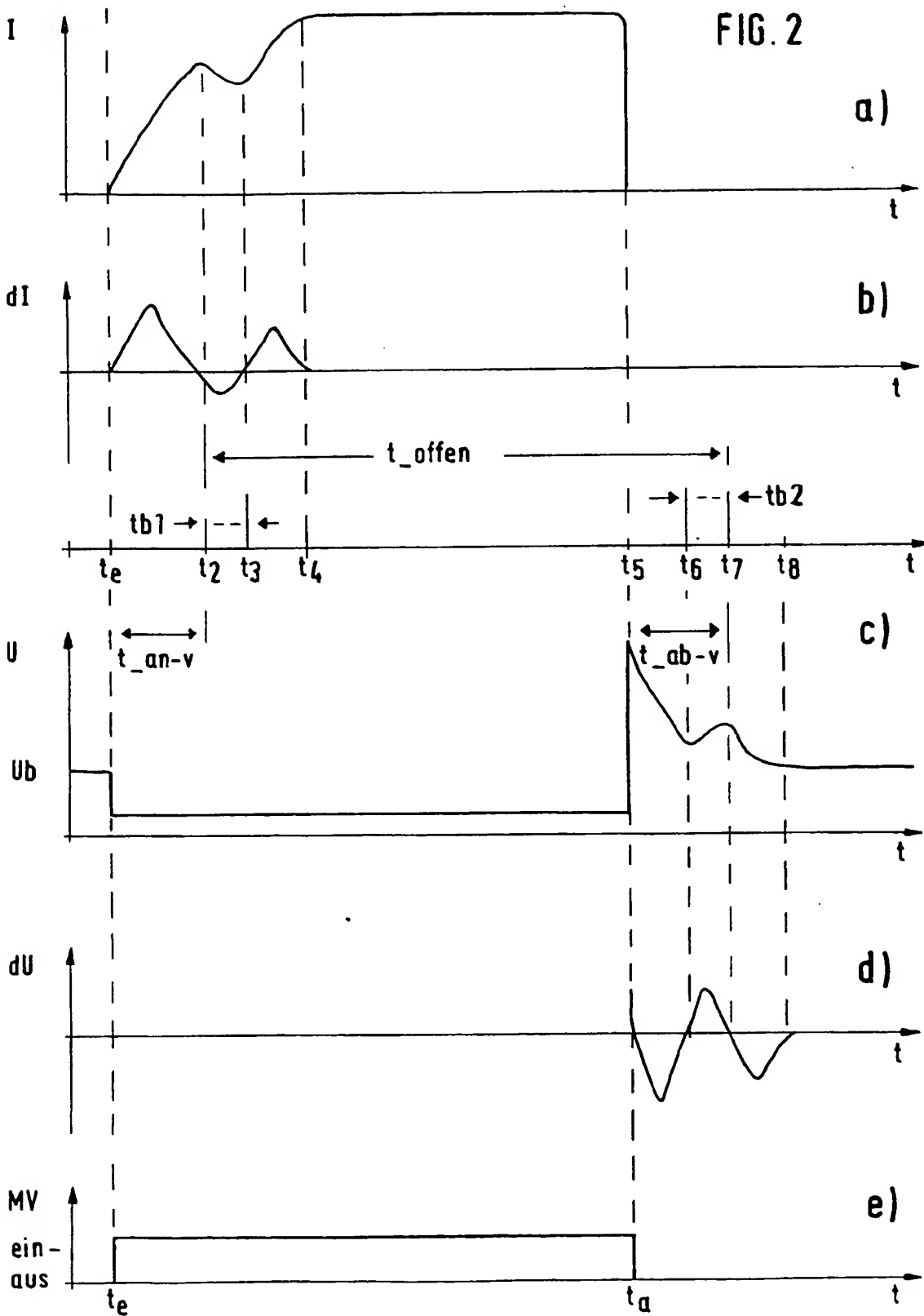


FIG. 3

